



DEUTSCHES

PATENTAMT

21 Aktenz icken: 196 20 814.9

22 Anmeldetag: 23. 5. 96

43 Offenlegungstag: 27. 11. 97

DE 196 20 814 A 1

71 Anmelder:

Emhart Inc., Newark, Del., US

74 Vertreter:

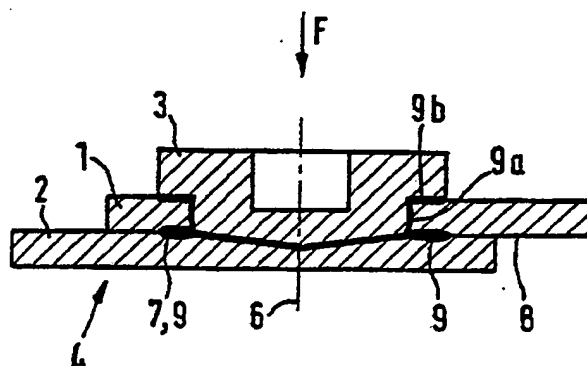
Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Frohwitter,
Geissler & Partner Patent- und Rechtsanwälte, 40474
Düsseldorf

72 Erfinder:

Mauer, Dieter, 35457 Lollar, DE; Suthoff, Burkhard,
Prof., 48431 Rheine, DE

54 Mehrkörperverbund und Reibschweißverfahren zu seiner Herstellung

57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes, insbesondere eines Dreikörperverbundes, bei dem wenigstens ein flächiges Metallteil (1) und eine metallische Unterlage (2) zu einer zu verbindenden Struktur (4) aufeinandergedreßt werden, ein Verbindungskörper (3, 3a) mit einem sich verjüngenden Endabschnitt (5) und aus einem Material mit einem höheren Schmelzpunkt als dem des flächigen Metallteiles (1) und die Struktur (4) zur Ausbildung einer Schmelze (7) relativ zueinander rotiert und gegeneinander gedrückt werden bis der Verbindungskörper (3, 3a) das flächige Metallteil (1) durchdrungen hat, so daß Schmelze zur Ausbildung einer stofflichen Schweißverbindung (9) zwischen der Unterlage (2) und dem flächigen Metallteil (1) zwischen diese gebracht wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine entsprechend hergestellte Mehrkörperverbindung und die Ausbildung eines zugehörigen Verbindungskörpers (3). Bevorzugtes Anwendungsgebiet ist die Verbindung von Leichtmetallteilen, insbesondere Karosserieteilen im Automobilbau.



DE 196 20 814 A 1

Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes, auf einen Mehrkörperverbund, auf einen Verbindungskörper für einen Mehrkörperverbund sowie auf eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes.

Durch die US-PS 3,477,115 ist ein Verfahren zum Verbinden von Körpern mittels eines Reib-Schweißvorgangs bekannt. In dieser Druckschrift ist es beschrieben, zwei Metallplatten übereinander anzuordnen, wobei ein rotierender Verbindungskörper unter Druck durch die obere Platte hindurch getrieben wird, und zwar entweder durch eine schon vorhandene Bohrung oder durch Wegschmelzen und Abführen des Bohrungsinhaltes mittels eines rotierenden nietähnlichen Körpers. Der rotierende Verbindungskörper kommt in Reibungskontakt mit der unteren Platte, wodurch zwischen der unteren Platte und dem Verbindungskörper eine Reib-Schweiß-Verbindung hergestellt wird. Die obere Platte wird nicht in die entstehende stoffliche Verbindung einbezogen, sondern zwischen der unteren Platte und dem Verbindungskörper nur formschlüssig gehalten, etwa nach Art einer Nietverbindung. Eine solche Verbindung von zwei Platten kann sich lockern und hält keinen hohen Belastungen stand.

Desweiteren ist durch die DE 31 01 227 A1 ein Verfahren zum stofflichen Verbinden von rotationssymmetrisch ausgebildeten Werkstücken aus Metallen mit stark unterschiedlicher Warmfestigkeit bekannt. Bei dem Verfahren handelt es sich um ein Reib-Schweiß-Verfahren. Nach der DE 31 01 227 A1 wird vorgeschlagen, daß vor dem eigentlichen Schweißvorgang das metallische Werkstück mit der höheren Warmfestigkeit stirnseitig plan gedreht wird. Durch das Plandrehen der Stirnfläche des Werkstückes mit der höheren Warmfestigkeit soll sichergestellt werden, daß die zu verschweißende Fläche genau senkrecht zur Rotationsachse der Reib-Schweiß-Maschine ausgerichtet ist und somit ein gleichmäßiger Abrieb der Schweißfläche am weniger warmfesten Werkstück und eine damit verbundene gleichmäßigere Erwärmung bewirkt werden soll. Durch das Plandrehen der Stirnflächen soll auch die für die einwandfreie Verschweißung hinderliche Oxidhaut entfernt werden.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes anzugeben, durch welches die Festigkeit des Mehrkörperverbundes erhöht wird. Desweiteren wird ein Mehrkörperverbund mit erhöhter Festigkeit angestrebt. Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Verbindungskörper für einen Mehrkörperverbund anzugeben, durch den eine sichere Ausbildung eines solchen Mehrkörperverbundes erzielbar ist. Außerdem soll eine konstruktiv einfache Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes angegeben werden.

Erfindungsgemäß werden die einzelnen Ziele durch ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einen Mehrkörperverbund mit den Merkmalen des Anspruchs 12, einen Verbindungskörper mit den Merkmalen des Anspruchs 17 und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes mit den Merkmalen des Anspruchs 22 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes wird vorgeschlagen, daß wenigstens ein flächiges Metallteil und eine metallische Unterlage unter Bildung einer Struktur aufeinandergelegt werden. Ein Verbindungskörper mit einem sich verjüngenden Ende und aus einem Material mit höherem Schmelzpunkt als dem des flächigen Metallteiles und die Struktur werden zur Ausbildung einer Schmelze relativ zueinander rotiert und gegeneinander gedrückt. Während dieses Vorganges dringt der Verbindungskörper in die Struktur hinein. Durch den Vortrieb und die Rotation des Verbindungskörpers in die Struktur hinein wird, nach dem Aufschmelzen des flächigen Metallteiles und der Oberfläche der Unterlage, gelangt wenigstens ein Teil der Schmelze zwischen die beiden Teile. Nach Abkühlung der Schmelze entsteht dadurch eine ringförmige direkte stoffliche Schweißverbindung zwischen der Unterlage und dem flächigen Metallteil, sowie im allgemeinen auch jeweils eine weitere stoffliche Verbindung zwischen dem Verbindungskörper und den beiden Körpern der Struktur. Durch diese Verfahrensweise wird ein Mehrkörperverbund erzielt, der im Gegensatz zu den bisher bekannten eine erhöhte Festigkeit aufweist, da auch die Körper selbst, die die Struktur bilden, untereinander stofflich verbunden sind.

Zweckmäßigerweise ist die Struktur ortsfest und der Verbindungskörper drehbar während des Verfahrens angeordnet. Durch Rotation des Verbindungskörpers wird auch die Schmelze in Rotation versetzt, wodurch diese zwischen die zu verbindenden Körper gedrängt wird. Die ortsfeste Anordnung der Struktur ist zweckmäßig, wenn die Struktur aus Körpern besteht, die relativ groß sind, wie die zum Beispiel bei Teilen einer Fahrzeugkarosserie der Fall ist. Mit der Bewegungsgeschwindigkeit steigt auch die zur Ausbildung der Verbindung eingebrachte Energie, so daß ein schnellerer Prozeßablauf ermöglicht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Verbindungskörper drehend gegen die Struktur gedrückt. Während der Bewegung des Verbindungskörpers entsteht zwischen diesem und der Struktur eine Trockenreibung. Der sich verjüngende Endabschnitt des Verbindungskörpers dringt dabei leicht in die Struktur ein. Während des Eindringvorgangs vergrößert sich die Berührungsfläche zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur. Mit der größer werdenden Fläche zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur steigt auch das Reibmoment zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur. Die Reibungsenergie wird in Wärme umgewandelt, wodurch die Struktur und gegebenenfalls der Verbindungskörper im Reibungsbereich schmelzen. Durch die sich verjüngende Ausgestaltung des Verbindungskörpers, insbesondere eine sehr flache Spitze, wird die Schmelze vom Verbindungskörper radial auswärts gedrückt. Dieser Verdrängungsvorgang führt dazu, daß die Schmelze zwischen die Körper der Struktur gedrückt wird. Die Einbringung der Schmelze zwischen die Körper wird auch durch Kapillarwirkung in der engen Spalte zwischen den Körpern unterstützt.

Während des Verbindungsvorgangs nimmt die Reibung zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur ab. Sie geht von einer Trockenreibung in eine Mischreibung über. Bei der Mischreibung besteht zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur eine Flüssigkeits- und eine Trockenreibung. Das aufgeschmolzene Material sammelt unter Druck im Peripheriebereich in einem konusähnlichen Ringwulst und entweicht nicht nach oben. Mit weiterer Steigerung der in die Verbin-

3
 dung eingebrachten Energie geht die Mischreibung über in eine Flüssigkeitsreibung. Bei dem Übergang von einer Trockenreibung in eine Flüssigkeitsreibung sinkt die Reibungszahl, so daß bei konstanter Drehzahl des Verbindungskörpers eine Temperatursteigerung nur noch in einem geringen Maße möglich ist. Es wird daher vorgeschlagen, daß die Drehzahl des Verbindungskörpers und/oder der Struktur nach Erreichen eines vorbestimmten Zustandes der Schmelze schlagartig verringert wird, vorzugsweise bis zum Stillstand des Verbindungskörpers. Dadurch wird beim Erkalten der Schmelze eine feste Verbindung auch zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur geschaffen.

Der Zustand der Schmelze kann durch die Temperatur oder indirekt durch die zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur herrschende Reibkraft bzw. Reibmoment definiert werden. Vorzugsweise wird der Verbindungskörper dann kontrolliert, insbesondere in weniger als 1 Sec., abgebremst, wenn die zeitliche Änderung der Reibkraft bzw. Reibmomentes zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur unterhalb eines vorgegebenen Soll-Grenzwertes fällt bzw. die Temperatur der Schmelze einen quasi stationären Zustand erreicht hat.

Der Verbindungskörper wird erfindungsgemäß unter einer vorgegebenen Kraft bzw. mit einem vorgegebenen Vorschub in die Struktur hineingedrückt. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Verbindungskörper während und/oder nach einem Abbremsvorgang mit einer größeren Kraft gegen die Struktur gedrückt wird als vor dem Abbremsvorgang. Durch das Hineintreiben des Verbindungskörpers während und/oder nach einem Abbremsvorgang wird die rotierende Schmelze verstärkt zwischen die zu verbindenden Körper gedrückt. Der Verbindungskörper wird in der letzten Abbremsphase insbesondere mit einer Kraft, die 1,3 bis 2,5, vorzugsweise 1,5, mal so groß ist wie vor dem Abbremsen ange-
 25 drückt.

Nach einem weiteren vorteilhaften Gedanken wird vorgeschlagen, daß der Verbindungskörper aus einem Werkstoff höherer Festigkeit besteht als der der Körper der Struktur. Der Verbindungskörper besteht vorzugsweise aus Stahl oder einer Stahllegierung, der auch mit Oberflächenschutz versehen sein kann. Einer oder beide Körper, die die Struktur bilden, bestehen vorzugsweise aus einem Leichtmetall, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung. Bevorzugt wird dabei eine Ausgestaltung der Struktur derart, daß die zu verbindenden Teile aus gleichem Werkstoff bestehen.

Bei der Durchführung des Verfahrens nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zur Ausbildung eines Mehrkörperverbundes werden das flächige Metallteil und die Unterlage unter Bildung einer Struktur aufeinander angeordnet und in einer Halteeinheit einer Vorrichtung gehaltert. Der Verbindungskörper wird in einer drehbaren mit einer Antriebseinheit verbundenen Spanneinheit der Vorrichtung eingespannt und anschließend über der Struktur positioniert. Danach wird der Verbindungskörper mit der Spanneinheit in eine Rotationsbewegung auf eine vorgegebene Drehzahl mit einer vorgegebenen Kraft und/oder einem vorgegebenen Vorschub auf und in die Struktur gebracht. Hat die Schmelze, die sich während des Verbindungsvorgangs ausgebildet hat, an einer vorgegebenen Verbindungsstelle einen vorbestimmten Zustand erreicht, so wird die Spanneinheit von der Antriebseinheit entkoppelt und kontrolliert abgebremst und unter Aufbringung einer zusätzlichen Kraft gegen die Struktur ge-
 65

drückt.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Mehrkörperverbund selbst, insbesondere einen Dreikörperverbund, insbesondere einen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbund. Der Mehrkörperverbund umfaßt wenigstens ein flächiges Metallteil und eine metallische Unterlage, die unter Bildung einer Struktur aufeinandergelegt sind, und einen teilweise mittels Rotation in die Struktur hineingetriebenen Verbindungskörper, dessen in die Struktur hineinragender Endabschnitt an einer Verbindungsstelle mit der Unterlage und/oder dem flächigen Metallteil eine Reib-Schweißverbindung bildet, wobei die Unterlage und das von dem Verbindungskörper durchdrungene flächige Metallteil eine gemeinsame im wesentlichen in einer Berührungsebene liegende, den Verbindungskörper ringförmig umgebende stoffliche Schweißverbindung aufweisen.

Vorzugsweise ist die Struktur durch zwei gleichartige aufeinanderliegende Körper gebildet, insbesondere zwei aufeinanderliegende Blechlagen. Der Verbindungskörper kann gleichzeitig ein Befestigungselement sein. Der Verbindungskörper besteht vorzugsweise aus einem Werkstoff höherer Festigkeit als die Körper der Struktur. Er kann beispielsweise aus Stahl oder einer Stahllegierung bestehen.

Der Endabschnitt des Verbindungskörpers ist vorzugsweise im wesentlichen kegelförmig ausgebildet. Die Basis des kegelförmigen Endabschnittes des Verbindungskörpers kann auch kleiner sein als die Querschnittsfläche eines sich an den Endabschnitt anschließenden Abschnittes des Verbindungskörpers. Der kegelförmige Endabschnitt kann in Form eines Spitzkegels oder eines Stumpfkegels ausgebildet sein.

Zur Erhöhung der Reibung zwischen dem Verbindungskörper und der Struktur während des Herstellungsvorgangs eines Mehrkörperverbundes weist vorzugsweise die Fläche des sich verjüngenden Endabschnittes eine erhöhte Rauigkeit auf.

Nach einem weiteren vorteilhaften Gedanken wird vorgeschlagen, daß der Endabschnitt radial auswärts verlaufende Rillungen aufweist. Die radial auswärts verlaufenden Rillungen sind vorzugsweise in Umlängsrichtung betrachtet sägezahnförmig ausgebildet. Die Rillungen bilden hierbei Aufnahmetaschen, in die die entstehende Schmelze eingelagert wird, so daß der Übergang von einer Trockenreibung in Mischreibung herausgezögert wird. Desweiteren wird durch die radial auswärts verlaufenden Rillungen ein Abtransport der Schmelze radial auswärts bewirkt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verbindungskörpers weist dieser wenigstens einen Werkzeugeingriffsbereich auf. Der Werkzeugeingriffsbereich kann in Form eines Mehrkants, vorzugsweise eines außen oder innen liegenden Sechskants ausgebildet werden, so daß durch Einbringung eines Werkzeugs in den Werkzeugeingriffsbereich der Verbindungskörper in Rotation versetzbar ist.

Gemäß einem weiteren erfinderischen Gedankens wird eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes, insbesondere eines Dreikörperverbundes, vorgeschlagen. Die Vorrichtung umfaßt eine Halteeinheit zur Halterung einer durch wenigstens zwei aufeinandergelegte Körper gebildeten Struktur. Die Vorrichtung weist desweiteren eine drehbare, mit einer Antriebseinheit verbundene, Spanneinheit auf, die wenigstens in Richtung der Drehachse verfahrbar ist und zum Einspannen eines Verbindungskörpers dient. Die

Spanneinheit ist mit einer Vorschubeinheit verbunden, so daß der Verbindungskörper mit einer vorgegebenen Kraft bzw. einer vorgegebenen Vorschubgeschwindigkeit in die Struktur bringbar ist. Zwischen der Spanneinheit und der Antriebseinheit ist eine Schaltkupplung angeordnet, so daß die Spanneinheit schlagartig von der Antriebseinheit entkuppelbar ist. Mit der Spanneinheit ist eine Bremseinrichtung verbunden, die die Spanneinheit abbremst. Die Vorrichtung weist vorzugsweise eine Regel- und eine Steuereinrichtung auf, durch die die Drehzahl der Antriebseinheit, der Kuppel- und Bremsvorgang gesteuert wird.

Der Antrieb der Spanneinheit erfolgt vorzugsweise mittels eines elektrisch angetriebenen Motors oder pneumatisch.

An dieser Stelle sei angemerkt, daß das Schmelzvolumen bei der Verbindung von Blechen mit einem Befestigungsbolzen relativ gering ist, wodurch die Schmelze relativ schnell erstarrt. Um sicherzustellen, daß während des Schaltvorgangs die Schmelze einen gewünschten Zustand beibehält, muß der Schaltvorgang relativ schnell folgen. Hierzu wird vorgeschlagen, daß die Schaltkupplung elektromagnetisch, pneumatisch oder hydraulisch betätigbar ist. Um einen möglichst schnellen kontrollierten Abbremsvorgang zu bewirken, umfaßt die Bremseinrichtung vorzugsweise eine Scheibenbremse. Alternativ kann die Bremseinrichtung in Form einer Wirbelstrombremse ausgebildet werden.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1, 2 und 3 schematisch jeweils einen Zustand während des Verfahrens zur Herstellung eines Mehrkörperverbundes,

Fig. 4 vergrößert einen Verfahrenszustand während der Herstellung eines Mehrkörperverbundes,

Fig. 5 ein Diagramm der charakteristischen Größen während der Herstellung eines Mehrkörperverbundes,

Fig. 6 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers in der Vorderansicht,

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht von unten des Verbindungskörpers nach Fig. 6,

Fig. 8 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers in der Vorderansicht,

Fig. 9 perspektivisch eine Unteransicht des in Fig. 8 dargestellten Verbindungskörpers,

Fig. 10 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers in der Vorderansicht,

Fig. 11 perspektivisch eine Unteransicht des in der Fig. 10 dargestellten Verbindungskörpers,

Fig. 12 ein viertes Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers,

Fig. 13 perspektivisch eine Draufsicht auf den in der Fig. 12 dargestellten Verbindungskörper,

Fig. 14 perspektivisch und schematisch eine Vorrichtung zur Ausbildung eines Mehrkörperverbundes,

Fig. 15 schematisch eine Einzelheit der Vorrichtung, und

Fig. 16 einen Teilausschnitt eines Mehrkörperverbundrahmens.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrkörperverbundes anhand eines Beispiels erläutert. Bei dem erläuterten Beispiel handelt es sich um einen Dreikörperverbund. Die Erläuterungen können auf einen Mehrkörperverbund entsprechend übertragen werden, der mehr als drei Körper umfaßt.

In der Fig. 1 ist schematisch ein erster Zustand während des Herstellungsverfahrens eines Mehrkörperver-

bundes dargestellt. Fig. 1 zeigt einen Zustand, bei dem ein flächiges Metallteil 1 und eine (ebenfalls flächige) metallische Unterlage 2 aufeinandergelegt sind. Diese bilden eine Struktur 4. Oberhalb der Struktur 4 ist ein Verbindungskörper 3 positioniert. Der Verbindungskörper 3 ist im wesentlichen im Querschnitt kreisförmig ausgebildet. Er weist einen sich verjüngenden Endabschnitt 5 auf. Der Endabschnitt ist in Form eines stumpfen Kegels ausgebildet und zum Körper 1 hin gerichtet.

Die Struktur 4 ist ortsfest gehalten. Der Verbindungskörper 3 ist drehbar um seine Achse 6 antreibbar. Der Verbindungskörper 3 wird mittels einer nicht dargestellten Antriebseinheit in Rotation um seine Achse 6 versetzt. Mit der Rotation um seine Achse 6 wird der Verbindungskörper 3 in die Struktur 4 hineingedrückt.

Fig. 2 zeigt einen Zustand des Verfahrens, bei dem der Verbindungskörper 3 mit seinem Endabschnitt 5 in das flächige Metallteil 1 der Struktur 4 eingedrungen ist. Während der Rotation des Verbindungskörpers 3 wird das Material des flächigen Metallteiles 1 zunächst plastifiziert und anschließend erschmolzen. Dies gilt auch teilweise für den Verbindungskörper 3.

In der Fig. 3 ist ein Endzustand des Verfahrens dargestellt. Der Verbindungskörper 3 durchdringt das flächige Metallteil 1 und ragt teilweise in die Unterlage 2 der Struktur 4 hinein. Zwischen dem Verbindungskörper 3 und/oder den beiden zu verbindenden Körpern 1 und 2 hat sich eine stoffliche Verbindung ausgebildet. Wie in der Fig. 3 angedeutet ist, ist ein Teil der Schmelze 7 zwischen die Körper 1, 2 eingedrungen, so daß die Schmelze 7 nach dem Erstarren in einer gemeinsamen Berührungsebene 8 der Körper 1, 2 eine, den Verbindungskörper 3 ringförmig umgebende stoffliche Verbindung 9 bildet.

Zur näheren Beschreibung des Verfahrens nehmen wir nunmehr Bezug auf die Darstellung in der Fig. 4. Die Fig. 4 zeigt einen Verbindungskörper 3, der teilweise in eine Struktur 4 hineinragt. Der Verbindungskörper 3 weist einen sich konisch verjüngenden Endabschnitt 5 auf. Während der Ausbildung der Verbindung rotiert der Verbindungskörper 3 um die Rotationsachse 6. Die Rotationsachse 6 fällt mit der Längsachse des Verbindungskörpers 3 zusammen. Kommt der sich verjüngende Endabschnitt 5 des Verbindungskörpers 3 mit dem flächigen Metallteil 1 in Berührung, so entsteht zwischen dem Verbindungskörper 3 und dem flächigen Metallteil 1 der Struktur 4 eine Reibung. Zunächst handelt es sich um eine Trockenreibung zwischen dem flächigen Metallteil 1 und dem Verbindungskörper 3. Der Verbindungskörper 3 wird in Längsrichtung der Achse 6 verschoben, so daß dieser sukzessive in die Struktur 4 eindringt. Während des Eindringvorgangs vergrößert sich zunächst die Reibungsfläche zwischen dem Verbindungskörper 3 und dem Metallteil 1 bis der Mantel des sich konisch verjüngenden Endabschnitts 5 vollständig in Berührung mit dem Metallteil 1 kommt. Durch die Reibung zwischen dem Verbindungskörper 3 und dem Körper 1 entsteht Wärme, die zunächst eine Plastifizierung des flächigen Metallteiles 1 zur Folge hat und bei einer weiteren Energiezufuhr in Form von Reibungswärme zu dessen Verflüssigung im Bereich der Berührungsfläche des sich verjüngenden Endabschnitts 5 führt. Die Trockenreibung geht über in eine Mischreibung, die sowohl Trockenreibung als auch Flüssigkeitsreibung beinhaltet. Aufgrund des sich konisch verjüngenden Endabschnitts 5 wird die Schmelze 7 radial auswärts gedrückt, so daß im wesentlichen im Zentrum des sich verjüngenden Endabschnitts 5 stets Trockenre-

bung vorliegt, während im Außenbereich des sich verjüngenden Endabschnitts 5 eine Mischreibung gegeben ist. Die Schmelze 7 dringt aufgrund mehrerer Effekte zwischen das flächige Metallteil 1 und die Unterlage 2 der Struktur 4. Zum einen wird die Schmelze aufgrund von Kapillarkwirkung in den Spalt zwischen die Körper 1, 2 transportiert. Desweiteren wird aufgrund der Rotation des Verbindungskörpers 3 die Schmelze 7 ebenfalls in Rotation versetzt, so daß diese aufgrund von Fliehkräften zwischen die Körper 1, 2 gedrückt wird. Hat die Schmelze 7 an einer vorgegebenen Verbindungsstelle einen vorgegebenen Zustand erreicht, so wird der Verbindungskörper 3 schlagartig abgebremst und mit erhöhter Kraft in die Struktur 4 hineingestoßen. Während dieses Vorgangs wird die Schmelze 7 zwischen die Körper 1, 2 der Struktur 4 hineingedrückt. Dadurch, daß die Schmelze 7 zwischen die Körper 1, 2 gelangt, werden diese stofflich miteinander verbunden, wobei im allgemeinen auch beide Körper 1, 2 stofflich mit dem Verbindungskörper 3 verbunden werden.

In dem in der Fig. 5 dargestellten Diagramm sind einige, das Verfahren, kennzeichnenden Größen in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt.

Die Kurve A beschreibt den zeitlichen Verlauf des Reibmoments während der Herstellung eines Mehrkörperverbundes.

Wie aus dem Verlauf der Kurve A ersichtlich ist, nimmt das Reibmoment bis zu einem Zeitpunkt t_0 steil zu. Die Zunahme des Reibmomentes geht auf die Zunahme der Trockenreibung während des Eindringvorgangs des Verbindungskörpers 3 in das flächige Metallteil 1 der Struktur 4 zurück. Das Reibmoment steigt, da aufgrund der sich konisch verjüngenden Ausbildung des Endabschnittes des Verbindungskörpers 3 die Kontaktfläche zwischen dem Verbindungskörper 3 und dem Metallteil 1 vergrößert wird. Zum Zeitpunkt t_0 geht die Trockenreibung in eine Mischreibung über. Der Übergang zwischen der Trockenreibung und der Mischreibung kann mehr oder weniger stark ausgeprägt sein. Üblicherweise ist der Übergang zwischen der Trockenreibung zur Mischreibung stetig. Bei der Mischreibung liegt eine Festkörper- und eine Flüssigkeitsreibung vor. Das Reibmoment nimmt stetig ab. Die Abnahme des Reibmoments ist auf die Verringerung des Trockenreibungsanteils an der Mischreibung zurückzuführen, so daß die Mischreibung in reine Flüssigkeitsreibung übergeht, die zu einem nahezu konstanten Verlauf des Reibmomentes führt.

Die Kurve B zeigt schematisch den Temperaturverlauf während des Herstellungsvorgangs eines Mehrkörperverbundes. Der Temperaturverlauf zeigt, daß bis zum Zeitpunkt t_0 eine starke Zunahme der Temperatur im Bereich der Verbindungsstelle zu verzeichnen ist. Die Zunahme der Temperatur ist auf die steigende durch Trockenreibung bedingte Wärmentwicklung zurückzuführen. Nach dem Zeitpunkt t_0 ist eine verringerte Zunahme der Temperatur festzustellen, da ab dem Zeitpunkt t_0 aufgrund des abfallenden Reibmomentes eine geringere Wärmeentwicklung aufgrund von Reibung eintritt.

Wie aus dem Zusammenhang des Temperaturverlaufs in Abhängigkeit von der Zeit sowie des Reibmomentes in Abhängigkeit von der Zeit ersichtlich ist, führt eine Fortsetzung des Verfahrens über den Zeitpunkt t_0 zu keiner signifikanten Änderung der Temperatur. Zum Zeitpunkt t_0 geht auch die Mischreibung in eine Flüssigkeitsreibung über. Zum Zeitpunkt t_0 ist quasi ein Gleichgewichtszustand der Schmelze erreicht. Zu diesem Zeit-

punkt wird der Verbindungskörper mit erhöhter Kraft in die Struktur 4 hineingedrückt.

In den Fig. 6 und 7 sind ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers 3 dargestellt. Der Verbindungskörper 3 weist einen im wesentlichen sechseckförmigen Kragen 10 auf. An den Kragen 10 schließt sich ein Schaft 11 an. Der Schaft 11 weist einen im wesentlichen kegelförmigen Endabschnitt 5 auf. Der Mantel des kegelförmigen Endabschnitts 5 ist um den Winkel α geneigt. Der Winkel α liegt vorzugsweise zwischen 5° und 10° , insbesondere beträgt er 7° . Der Schaft 11 ist, wie aus der Fig. 6 ersichtlich, ebenfalls leicht konisch ausgebildet. Er verjüngt sich zum Endabschnitt 5 hin, wobei der Neigungswinkel β des Mantels des Schaftes 11 wesentlich kleiner ist als der Neigungswinkel α . Vorzugsweise beträgt der Neigungswinkel β 1° .

Der sechseckförmig ausgebildete Kragen 10 dient zum Werkzeugeingriff, so daß der Verbindungskörper 3 am Kragen 10 festgehalten und in Rotation versetzt wird.

Die Fig. 8 und 9 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers 3. Der Verbindungskörper 3 weist einen im Querschnitt sechskantförmigen Kragen 10 auf. An den Kragen 10 schließt sich ein Schaft 11 an. Der Schaft 11 verjüngt sich vom Kragen 10 weg. An den Schaft 11 schließt sich ein Endabschnitt 5 an, der kegeltumpfförmig ausgebildet ist. Die Neigung des Mantels des sich kegeltumpfförmig verjüngenden Endabschnitts 5 liegt vorzugsweise zwischen 10° und 15° , insbesondere bei 13° .

Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verbindungskörpers 3 ist in den Fig. 10 und 11 dargestellt. Der Verbindungskörper 3 weist einen im wesentlichen sechskantförmigen Kragen 10 auf. An den Kragen 10 schließt sich ein Schaft 11 an. Der Schaft 11 weist einen Endabschnitt 5 auf, der einen zentral ausgebildeten kegeltumpfförmigen Abschnitt 12 aufweist. Von dem kegeltumpfförmigen Abschnitt 12 erstrecken sich radial auswärts verlaufende Rillungen 13. Die Rillungen 13 sind in Umfangsrichtung betrachtet sägezahnförmig ausgebildet. Die Tiefe jeder einen Rillung 13 nimmt radial auswärts zu. Die Einhüllenden der Rillungen 13 bildet mit dem Abschnitt 12 einen Kegeltumpf. Die Neigung der theoretisch Einhüllenden entspricht im wesentlichen dem Neigungswinkel α , wie er in der Fig. 6 dargestellt ist.

Eine Abwandlung des Verbindungskörpers 3, wie er in der Fig. 6 dargestellt ist, ist in den Fig. 12 und 13 dargestellt. Der Verbindungskörper 3 weist einen im Querschnitt kreisförmigen Kragen 10 auf. An den Kragen 10 schließt sich ein Schaft 11 an, der an seinem, dem Kragen 10 gegenüberliegenden Ende einen kegelförmigen Endabschnitt 5 aufweist. In der, dem Schaft 11 gegenüberliegenden Stirnfläche 14 des Kragens 10 sind auf einem gemeinsamen Umfang vier äquidistant zueinander ausgebildete Werkzeugeingriffsbereiche 15 ausgebildet. Die Werkzeugeingriffsbereiche 15 sind in Form von in Umfangsrichtung betrachtet dreieckförmigen Ausnehmungen ausgebildet. Jeder Werkzeugeingriffsbereich 15 weist eine stirnseitige Auflagefläche 16 für ein Werkzeug auf. Durch die Ausbildung der Werkzeugeingriffsbereiche 15 wird sichergestellt, daß der Verbindungskörper 3 lediglich im Uhrzeigersinn drehbar ist.

Die in den Fig. 6 bis 13 dargestellten Ausführungsbeispiele eines Verbindungskörpers 3 weisen eine zentrale Ausnehmung 17 auf, durch die die Masse des Verbindungskörpers 3 und somit auch das Wärmespeicherver-

mögen verringert wird.

Fig. 14 zeigt eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverschweißbundes, insbesondere eines Dreikörperverschweißbundes. Die Vorrichtung weist ein Gestell 18 auf. Auf dem Gestell 18 ist ein verfahrbarer Schlitten 19 angeordnet. An dem verfahrbaren Schlitten 19 ist eine Antriebseinheit 20 angeordnet, die mit einer Spanneinheit 21 verbunden ist. Die Spanneinheit 21 ist mit dem Schlitten 19 in Richtung der Drehachse 22 verfahrbar. Die Spanneinheit 21 dient zum Einspannen eines nicht dargestellten Verbindungskörpers 3. Mit dem Schlitten 19 ist eine nicht dargestellte Vorschubeinheit verbunden, so daß ein in der Spanneinheit 21 gehalterter Verbindungskörper auf und in eine Struktur 4, die in einer Halteeinheit 23 gehalten ist, bringbar ist. Die Spanneinheit 21 ist mit einer Kupplungs-Brems-Einheit 27 verbunden.

Die Kupplungs-Brems-Einheit 27 ist in der Fig. 15 schematisch dargestellt. Die von der Antriebseinheit 20 kommende Antriebswelle 28 weist an ihrem vorderen Ende eine Kupplungsscheibe 29 auf, die in Reibkontakt mit einer Abtriebsscheibe 30 bringbar ist. Zur Verbesserung der Übertragung des Antriebsmomentes von der Welle 28 über die Kupplungsscheibe 29 auf die Abtriebsscheibe 30, weist die Abtriebsscheibe einen ringförmigen Reibbelag 31 auf. Die Abtriebsscheibe 31 ist an einer Welle 32 ausgebildet, die mit der Antriebseinheit 21 verbunden ist. Die Verbindung der Welle 32 mit der Spanneinheit 21 ist form- und kraftschlüssig. Die Welle 32 ist in einem Gehäuse 33 der Kupplungs-Brems-Einheit drehbar gelagert. Hierzu sind die Lager 34, 35 vorgesehen.

Befindet sich die Kupplungsscheibe 29 mit der Abtriebsscheibe 30 im Reibkontakt, so wird die Spanneinheit 21 mit der Antriebseinheit 20 starr gekoppelt, so daß die Spanneinheit 21 in Rotation versetzt wird, wenn die Antriebseinheit in Gang gesetzt wird. Für einen Freilauf der Welle 32 ist die Kupplungsscheibe 29 und die Abtriebsscheibe 30 außer Kontakt bringbar. Hierzu ist die Welle 32 mit der Abtriebsscheibe 30 in Richtung der Drehachse 22 verschieblich gelagert.

Zum Abbremsen der Spanneinheit 21 ist eine Bremse 34 vorgesehen, die in der Fig. 15 schematisch dargestellt ist. Die Bremse 34 ist in Form einer Trommel ausgebildet, so daß der Außenrand der Abtriebsscheibe 30 mit der Innenfläche der Trommel 34 in Reibkontakt bringbar ist. Die Trommel der Bremse 34 ist drehfest im Gehäuse 33 angeordnet. Sie ist vorzugsweise so in dem Gehäuse 33 angeordnet, daß ein Bremsvorgang erst dann ausgelöst wird, wenn eine vollständige Trennung zwischen der Kupplungsscheibe 29 und der Abtriebsscheibe 30 erreicht worden ist.

In der Fig. 16 ist die Verbindung zweier Hohlprofile 24, 25 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Die Hohlprofile 24, 25 können beispielsweise Schenkel eines Rahmens sein, die unter einem Winkel von 90° miteinander verbunden sind. In das Hohlprofil 24 bzw. 25 ragt ein L-förmiges Verbindungsstück 26. Das Verbindungsstück 26 ist in der Darstellung in Form eines H-Profiles ausgebildet. Das Verbindungsstück 26 ist vorzugsweise so ausgebildet, daß es unter Klemmwirkung in das Profil 25 bzw. 26 eingebracht wird. Die Verbindung des Profils 24 mit dem Verbindungsstück 26 erfolgt mittels eines Verbindungskörpers 3 der einen Kragen 10 aufweist, von dem sich ein Schaft 11 zum Verbindungsstück 26 hin erstreckt. An den Schaft 11 schließt sich ein Endabschnitt 5 an, der in Form eines Kegels ausgebildet ist. Der Endabschnitt 5 ragt in das

Verbindungsstück 26 hinein. Der Kragen 10 des Verbindungskörpers 3 liegt an dem Hohlprofil 24 an. Das Hohlprofil 24 ist mit dem Verbindungsstück 26 im Bereich der gemeinsamen Berührungsebene 8 stofflich verbunden. Die stoffliche Verbindung umgibt ringförmig den Schaft 11 des Verbindungskörpers 3. Desweiteren ist der Verbindungskörper 3 stofflich sowohl mit der Wandung des Hohlprofils 24 als auch mit der Wand des Verbindungsstücks 26 verbunden.

Das Hohlprofil 25 ist mit dem Verbindungsstück 26 mittels eines Verbindungskörpers 3a verbunden. Die Verbindung des Verbindungskörpers 3a mit dem Hohlprofil 25 und dem Verbindungsstück 26 sowie die stoffliche Verbindung zwischen dem Hohlprofil 25 und dem Verbindungsstück 26 ist gleichartig wie die Verbindung des Verbindungskörpers 3 mit dem Hohlprofil 24 bzw. des Hohlprofils 24 mit dem Verbindungsstück 26. Der Verbindungskörper 3a unterscheidet sich von dem in der Fig. 16 dargestellten Verbindungskörper dadurch, daß dieser auf einen Kragen verzichtet. Hierdurch kann der Verbindungskörper 3a eben mit der Oberfläche des Hohlprofils 25 abschließen.

Bezugszeichenliste

- 1 Körper
- 2 Körper
- 3, 3a Verbindungskörper
- 4 Struktur
- 5 Endabschnitt
- 6 Achse
- 7 Schmelze
- 8 Berührungsebene
- 9 Verbindungsstelle
- 10 Kragen
- 11 Schaft
- 12 Abschnitt
- 13 Rillung
- 14 Stirnfläche
- 15 Werkzeugeingriffsbereich
- 16 Anlagefläche
- 17 Ausnehmung
- 18 Gestell
- 19 Schlitten
- 20 Antriebseinheit
- 21 Spanneinheit
- 22 Drehachse
- 23 Halteeinheit
- 24, 25 Hohlprofil
- 26 Verbindungsstück
- 27 Kupplungs-Brems-Einheit
- 28 Antriebswelle
- 29 Kupplungsscheibe
- 30 Abtriebsscheibe
- 31 Reibbelag
- 32 Welle
- 33 Gehäuse
- 34 Bremse.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Mehrkörperverschweißbundes, insbesondere eines Dreikörperverschweißbundes, bei dem
 - wenigstens ein flächiges Metallteil (1) und eine metallische Unterlage (2) zu einer zu verbindenden Struktur (4) aufeinandergepreßt werden,

- ein Verbindungskörper (3, 3a) mit einem sich verjüngenden Endabschnitt (5) und aus einem Material mit einem höheren Schmelzpunkt als dem des flächigen Metallteiles (1) und die Struktur (4) zur Ausbildung einer Schmelze (7) relativ zueinander rotiert und gegeneinander gedrückt werden bis der Verbindungskörper (3, 3a) das flächige Metallteil (1) durchdrungen hat,
- so daß Schmelze zur Ausbildung einer stofflichen Schweißverbindung (9) zwischen der Unterlage (2) und dem flächigen Metallteil (1) zwischen diese gebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Struktur (4) ortsfest ist und der Verbindungskörper (3, 3a) gedreht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Drehzahl des Verbindungskörpers (3, 3a) und/oder der Struktur (4) nach Erreichen eines vorbestimmten Zustandes der Schmelze (7) kontrolliert abgebremst wird, vorzugsweise bis zum Stillstand des Verbindungskörpers (3, 3a) und/oder der Struktur (4).
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem während und/oder nach einem Abbremsvorgang der Verbindungskörper (3, 3a) und die Struktur (4) mit einer bis zu doppelt, vorzugsweise anderthalbfach, so großen Kraft gegeneinander gedrückt werden als vor dem Abbremsvorgang.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Verbindungskörper (3, 3a) aus einem Werkstoff höherer Festigkeit besteht als das flächige Metallteil (1) der Struktur (4).
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Verbindungskörper (3, 3a) aus Stahl oder einer Stahllegierung besteht.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das flächige Metallteil (1) und/oder die Unterlage (2) aus einem Leichtmetall, vorzugsweise Aluminium oder Aluminiumlegierung, bestehen.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das flächige Metallteil (1) und die Unterlage (2) aus gleichem Material bestehen, insbesondere Aluminium.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Unterlage (2) dicker ist als das flächige Metallteil (1).
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das flächige Metallteil (1) und die Unterlage (2) gleiche Dicke aufweisen.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem
- das flächige Metallteil (1) und die Unterlage (2) unter Bildung der Struktur (4) aufeinander angeordnet und in einer Halteeinheit (23) einer Vorrichtung gehalten werden,
 - der Verbindungskörper (3, 3a) in einer drehbaren mit einer Antriebseinheit (20) verbundenen Spanneinheit (21) der Vorrichtung eingespannt und anschließend über der Struktur (4) positioniert wird,
 - danach der Verbindungskörper (3, 3a) mit der Spanneinheit (21) in eine Rotationsbewegung auf eine vorgegebene Drehzahl und mit einer vorgebbaren Kraft und/oder einem vorgebbaren Vorschub auf und in die Struktur (4) gebracht wird, und
 - die Spanneinheit nach Erreichen eines vor-
- bestimmten Zustandes der Schmelze (7) an der Verbindungsstelle (9) zwischen flächigem Metallteil (1) und Unterlage (2) von der Antriebseinheit (20) entkoppelt und schlagartig abgebremst wird.
12. Mehrkörperverbund, insbesondere Dreikörperverbund, vorzugsweise ein nach einem der Ansprüche 1 bis 11 hergestellter Verbund, umfassend
- wenigstens ein flächiges Metallteil (1) und eine metallische Unterlage (2), die unter Bildung einer Struktur (4) aufeinander gelegt sind,
 - einen teilweise mittels Rotation in die Struktur (4) hineingetriebenen Verbindungskörper (3, 3a), dessen in die Struktur (4) hineinragender Endabschnitt (5) an einer Verbindungsstelle (9) mit der Unterlage (2) und/oder dem flächigen Metallteil (1) eine Reib-Schweißverbindung bildet,
 - wobei die Unterlage (2) und das von dem Verbindungskörper (3, 3a) durchdrungene flächige Metallteil (1) eine gemeinsame im wesentlichen in einer Berührungsebene liegende, den Verbindungskörper (3, 3a) ringförmig umgebende stoffliche Verbindung (9) aufweisen.
13. Mehrkörperverbund, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (4) zwei gleichartige aufeinander liegende Körper (1, 2) umfaßt.
14. Mehrkörperverbund nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungskörper (3, 3a) aus einem Werkstoff mit höherem Schmelzpunkt und/oder höherer Festigkeit besteht als der die Körper (1, 2) der Struktur (4).
15. Mehrkörperverbund nach Anspruch 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungskörper (3, 3a) aus Stahl oder einer Stahllegierung besteht.
16. Mehrkörperverbund nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Körper (1, 2) der Struktur (4) aus einem Leichtmetall, vorzugsweise Aluminium oder Aluminiumlegierung, insbesondere aus gleichem Werkstoff, bestehen.
17. Verbindungskörper (3, 3a), für einen Mehrkörperverbund nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß dieser einen sich verjüngenden Endabschnitt (5) aufweist, der wenigstens teilweise in die Struktur (4) hineinragt.
18. Verbindungskörper (3, 3a) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Endabschnitt (5) im wesentlichen kegelförmig ausgebildet ist.
19. Verbindungskörper (3, 3a) nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Endabschnitt (5) radialauswärts verlaufende Rillungen (13) aufweist.
20. Verbindungskörper (3, 3a) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Rille (13) in Umfangsrichtung betrachtet sägezahnförmig ausgebildet ist.
21. Verbindungskörper (3, 3a) nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß dieser wenigstens einen Werkzeugeingriffsbereich (15) aufweist.
22. Vorrichtung zum Herstellen eines Mehrkörperverbundes, insbesondere eines Dreikörperverbundes, umfassend eine Halteeinheit (23) zur Halterung einer durch wenigstens zwei aufeinandergelegte Körper (1, 2) gebildeten Struktur (4), eine drehbare, mit einer Antriebseinheit (20) ver-

- 13 bundene, Spanneinheit (21), die wenigstens in Richtung der Drehachse (22) verfahrbar ist, zum Einspannen eines Verbindungskörpers (3, 3a), einer Vorschubeinheit, die die Spanneinheit (21) mit dem Verbindungskörper (3, 3a) verschiebt, so daß 5 der Verbindungskörper (3, 3a) auf und in die Struktur (4) bringbar ist, einer zwischen der Spanneinheit (21) und der Antriebseinheit (20) angeordneten Schaltkupplung und mit einer mit der Spanneinheit verbundene 10 Bremsvorrichtung.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteeinheit wenigstens zwei relativ zueinander verschiebbliche Haltebacken umfaßt.
24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch 15 gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit (20) einen elektrisch angetriebenen Motor umfaßt.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltkupplung pneumatisch, elektromagnetisch oder hydraulisch betätigbar ist.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsvorrichtung eine Scheibenbremse umfaßt.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung 25 eine Regel- und Steuereinrichtung aufweist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

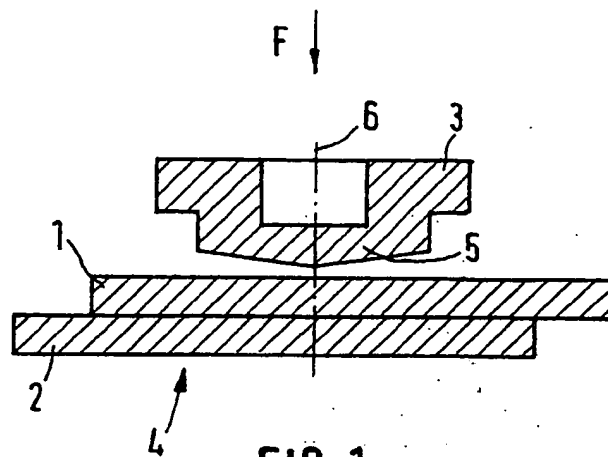


FIG. 1

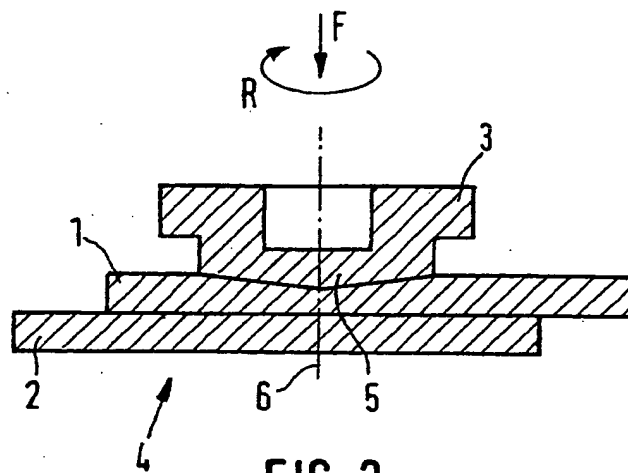


FIG. 2

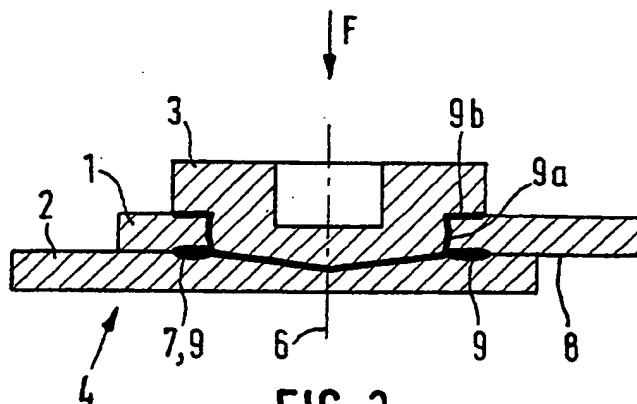


FIG. 3

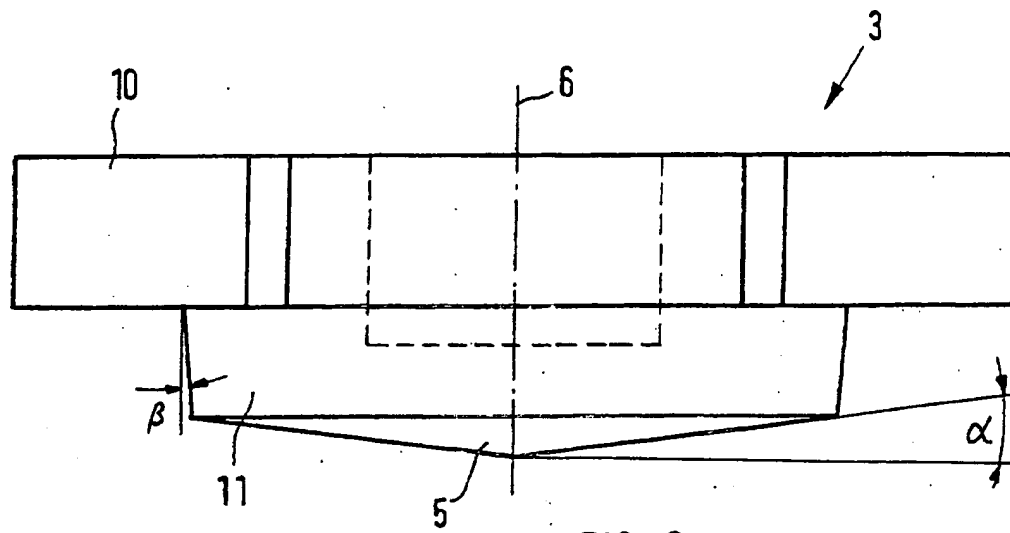


FIG. 6

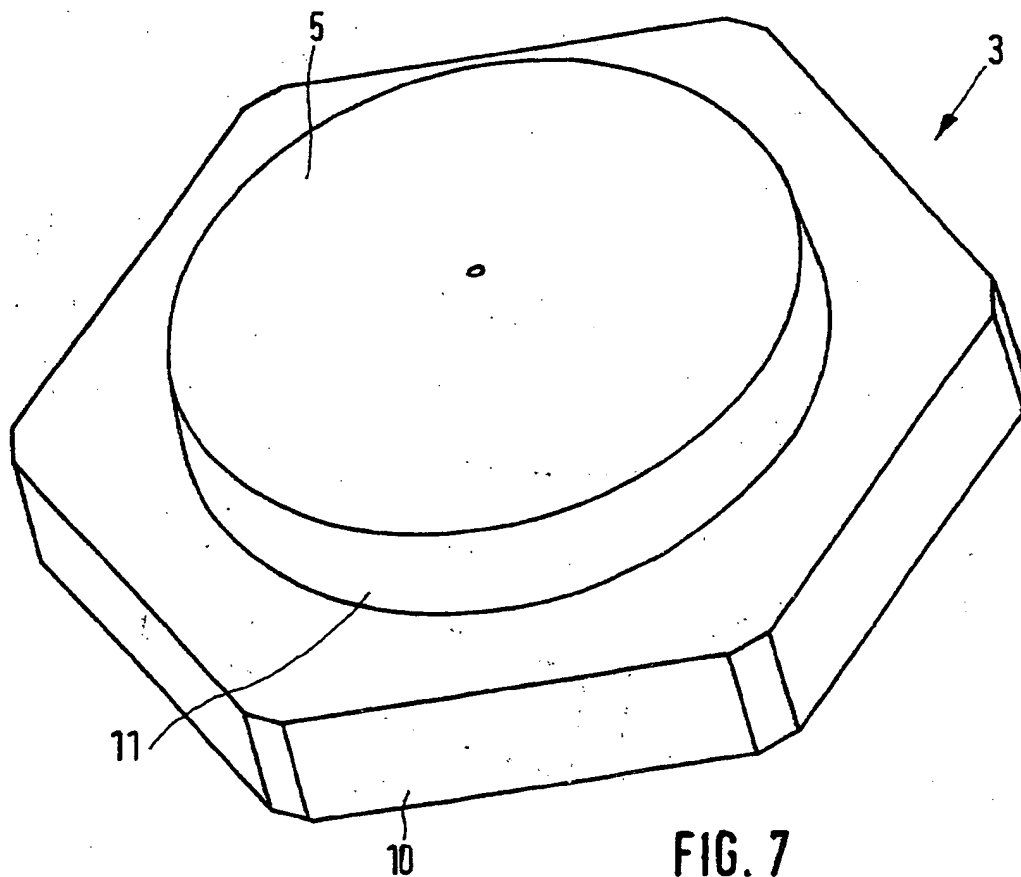
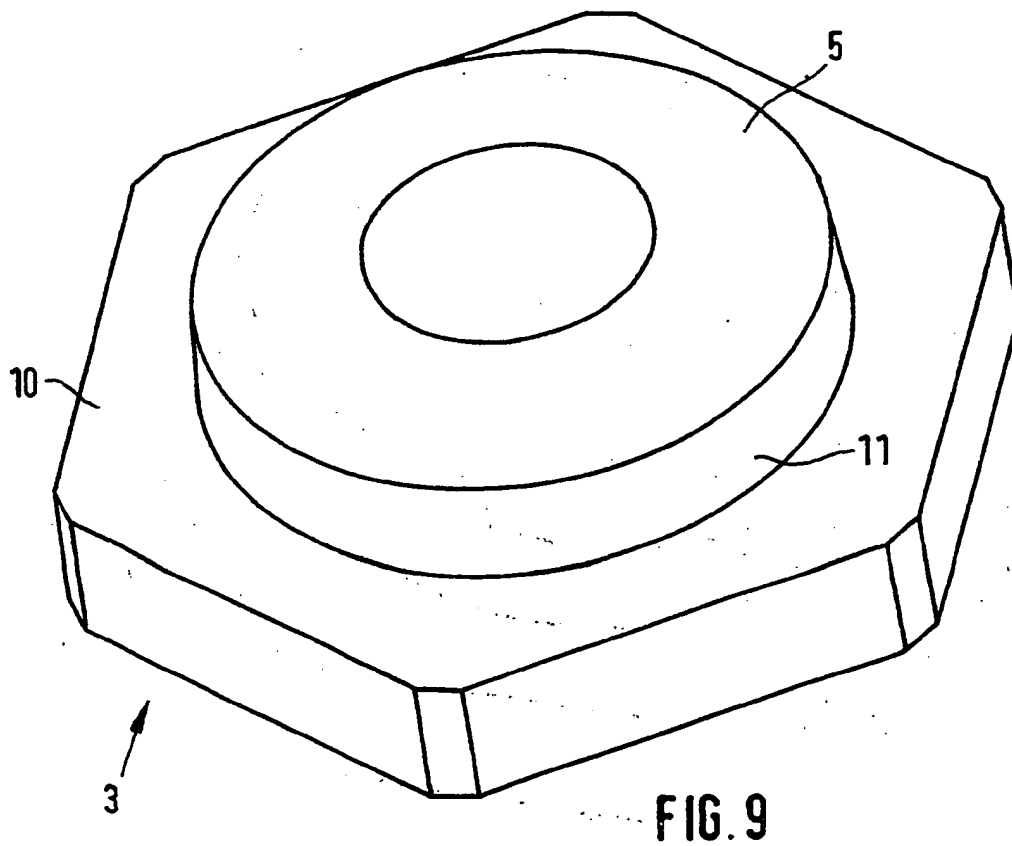
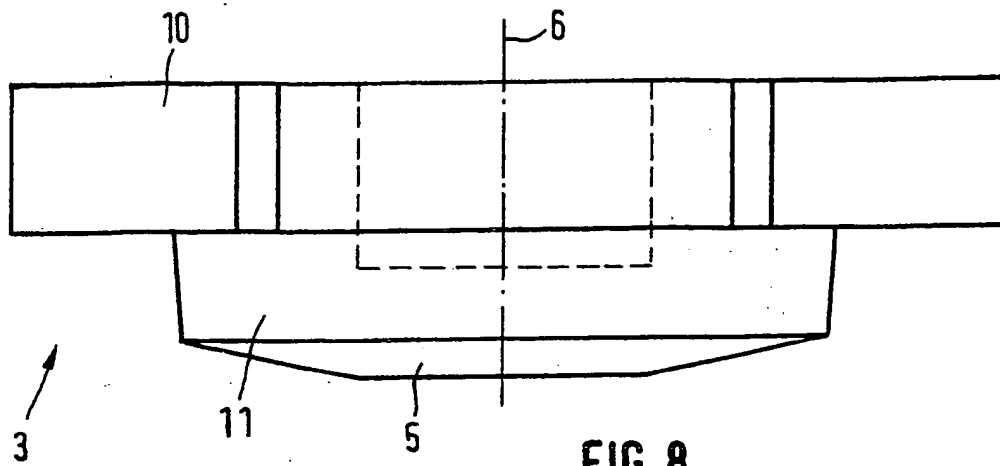


FIG. 7



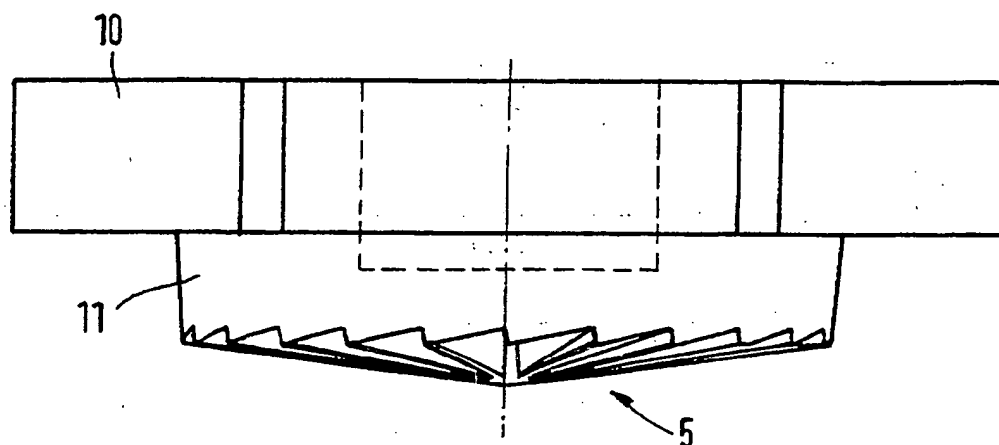


FIG. 10

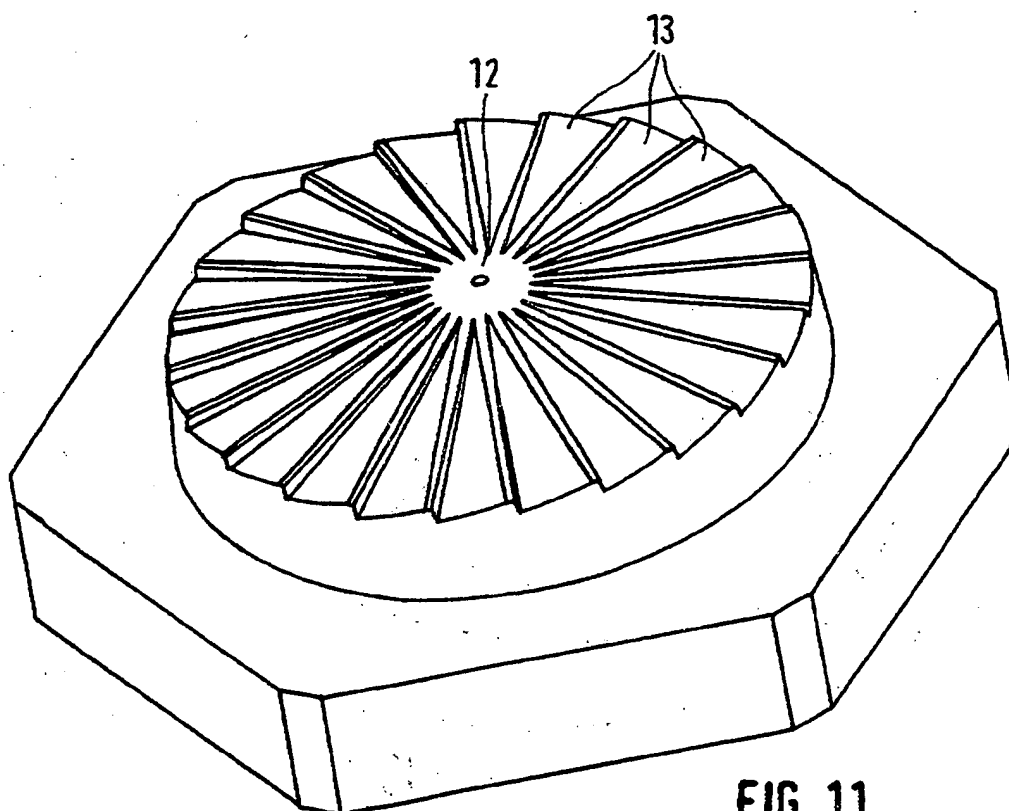


FIG. 11

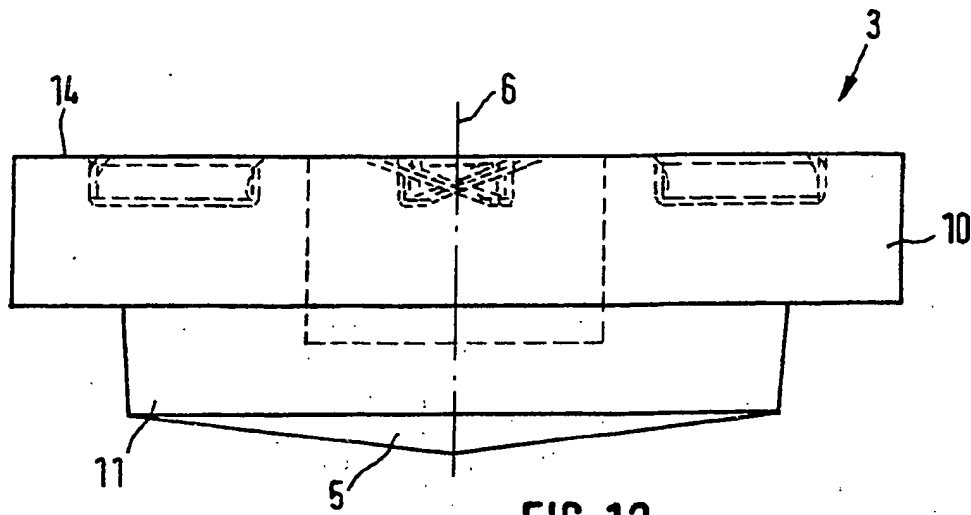


FIG. 12

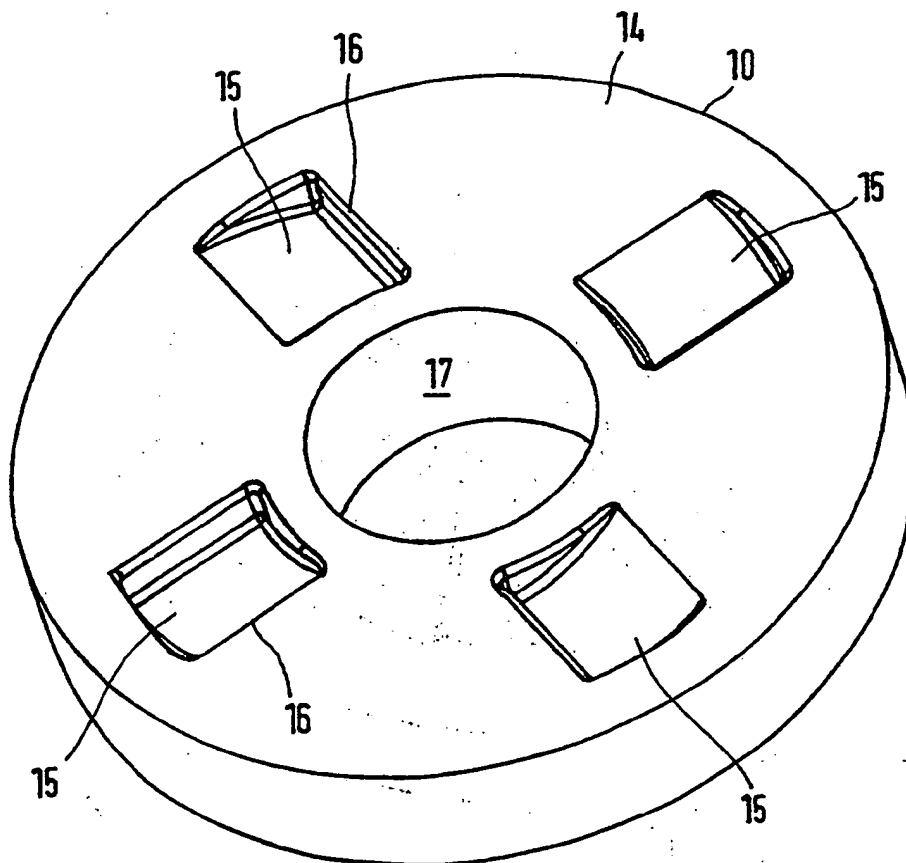
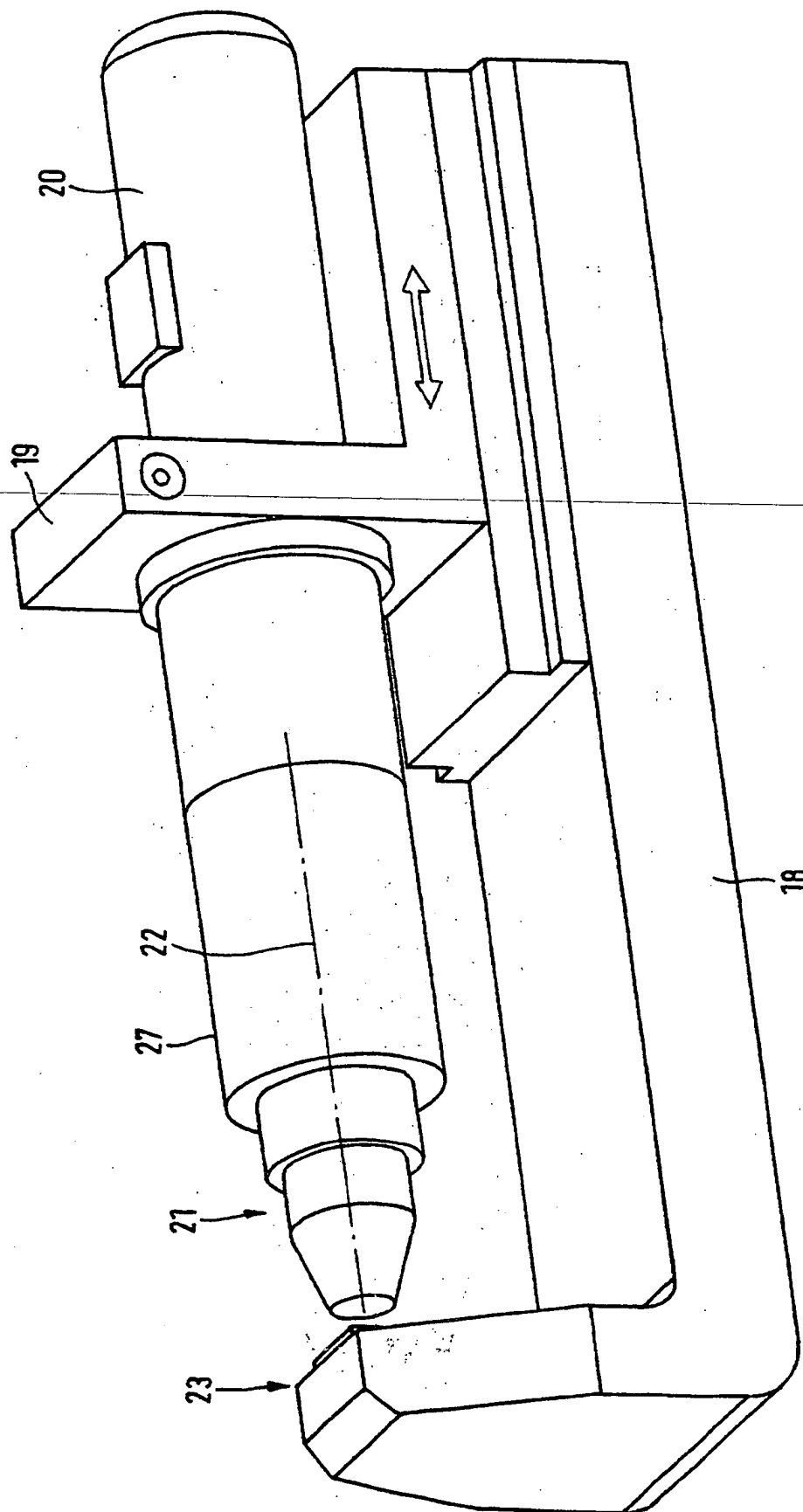
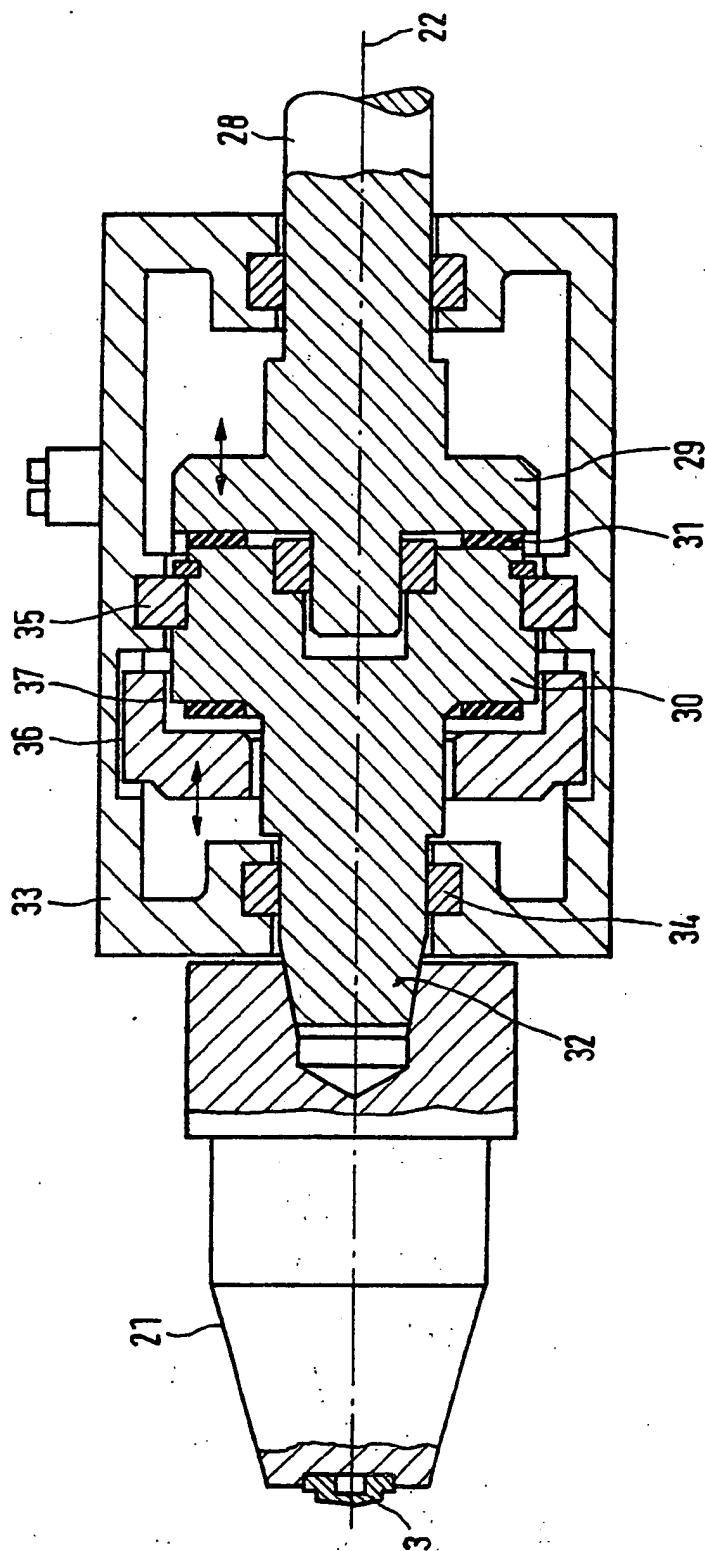


FIG. 13





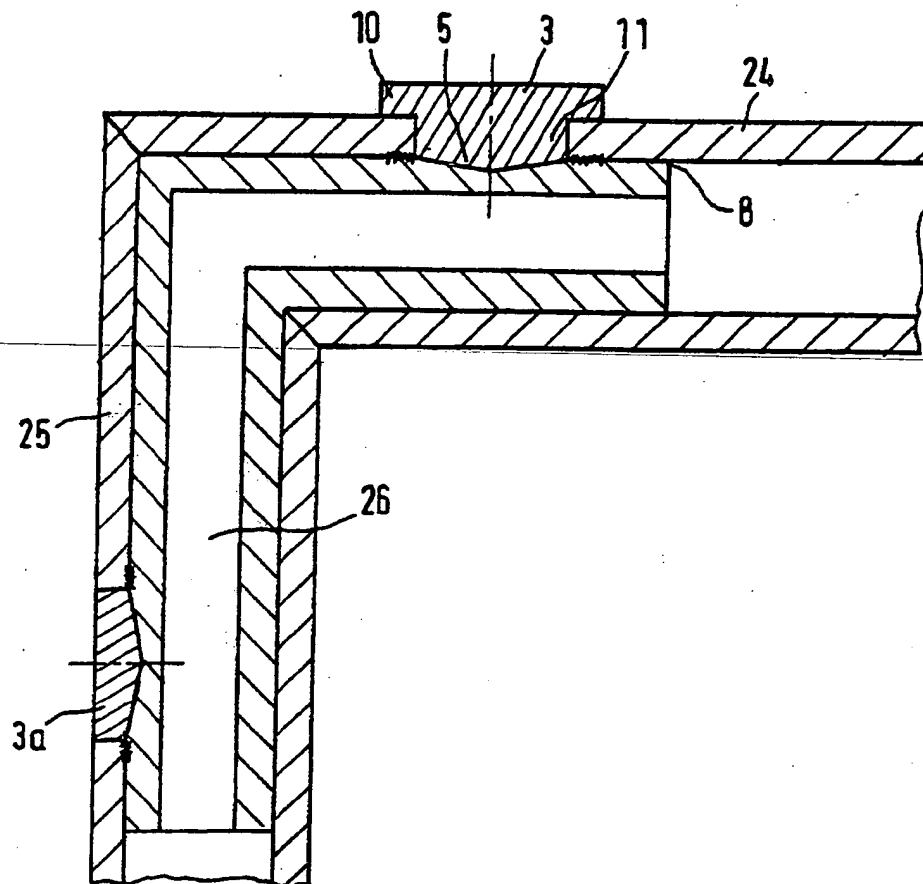


FIG. 16



DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			EP 89303734.1
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl. 4)
A	<u>DE - A1 - 3 621 086</u> (DANA CORP.) * Fig. 1,2,3 *	1,6,8, 15	F 16 B 5/08 B 23 K 20/12
A	<u>US - A - 4 213 554</u> (SCIAKY) * Abstract *	1,8,15	
A	<u>DD - A - 115 869</u> (DORNHEIM, HOFFMANN) * Totality *	1,8,15	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl. 4)
			B 23 K F 16 B
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search VIENNA		Date of completion of the search 05-07-1989	Examiner RIEMANN
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS			
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			

THIS PAGE BLANK (USPTO)